

II. РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОД И СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ РАЗЛИВАМИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ¹

Авандеева О.П., Баренбойм Г.М.

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия
avandeeva@yandex.ru

Введение. Нефть и нефтепродукты (НП) обладают свойствами, с одной стороны, ценного и важнейшего товара, а с другой – вещества, опасного для человека и окружающей природной среды [1]. В Мировой океан по усредненной оценке попадает около 10 млн. тонн нефти ежегодно. Среди наиболее крупных аварийных нефтяных загрязнений в России можно отметить аварию на межпромысловом нефтепроводе «Харьяга– Усинск» (Республика Коми, 1994), которая привела к разливу в окружающую среду около 100 тысяч тонн нефти [2].

Актуальность этой проблемы определяется масштабами функционирования и развития нефтяной индустрии (добыча и переработка нефти, хранение и транспортировка нефти и нефтепродуктов) и большими объемами поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду при аварийных ситуациях (десятки тысяч тонн).

Негативное воздействие на окружающую среду может иметь место уже с начала создания нефтяной инфраструктуры. Так, например, только прокладка нефтепроводов сопровождается рядом существенных воздействий на экосистему в целом и гидробиоту в частности. К ним относятся [3]:

- 1) взмучивание осадков, загрязненных токсичными веществами, при прокладке подводных трубопроводов;
- 2) создание препятствий для рыболовства;
- 3) повреждение или уничтожение местобитаний, гибель животных, птиц, водных организмов на участках суши или акватории, где расположены трубопроводы, насосные станции и др. сопутствующие объекты нефтяной индустрии;
- 4) эрозия, твердый сток, отложение наносов в результате строительства трубопровода и проведению работ по строительству подъездных дорог и перекачивающих станций;
- 5) изменение гидрологических условий;
- 6) химическое загрязнение среды, вызванное образованием отходов и случайными либо аварийными разливами нефти и т.д.

1. Роль неуглеродных компонентов нефти в общем влиянии нефтегенного загрязнения на экосистемы. Разливы нефти являются сложными и динамичными процессами, на которые влияют состав нефти и различные природные факторы. Применительно к перечню показателей, характеризующих нефтегенное загрязнение

¹ Работа выполнена в рамках исследований по разделу III.8.10 «Оценка роли водных ресурсов с позиций национальной безопасности России» Программы № III.8 фундаментальных исследований ОНЗ РАН.

вод при разливах нефти или нефтепродуктов в зонах высокого экологического риска, следует учитывать, что с химической точки зрения нефть представляет собой сложную смесь органических соединений, основную часть которых составляют углеводороды (УВ) различных химических классов. Присутствуют в нефти и хлорсодержащие УВ, а также неорганические компоненты – тяжелые металлы, среди которых часто доминируют так называемые «нефтяные» металлы (ванадий, никель); присутствуют и радионуклиды (уран, торий и члены их радиоактивных семейств) [4].

Существенным обстоятельством нефтегенного загрязнения водной среды, помимо многокомпонентности и сложности состава, является поведение нефти и нефтепродуктов в окружающей среде после разлива. После попадания в воду с ними происходят разнообразные химические, физико-химические и метаболические превращения (в последних участвуют гидробионты), происходит фракционирование по глубине водного объекта, включая донные отложения [5, 6]. Вследствие этого токсичность вод на различных участках водного объекта по горизонтали и вертикали различная и определяется конкретными индивидуальными углеводородами на каждом участке. При сравнительно небольших нефтегенных загрязнениях, когда определяется их биологическая опасность путем сравнения с ПДК для «нефтепродуктов», указанными процессами, равно как и неорганическими компонентами нефти, можно пренебречь. При крупномасштабных разливах нефти эти процессы и все компоненты нефти, включая неорганические, играют заметную роль в общей оценке биологической опасности нефтяного разлива [4].

2. Методы и технологии мониторинга водных объектов в условиях нефтяного загрязнения, включая аварийные разливы. Технологическая цепь сферы обращения с нефтью и нефтепродуктами включает сложную, многоуровневую инфраструктуру (скважины, трубопроводы, насосные станции, объекты хранения, переработки и реализации и т.д.). На всех этапах операций с нефтью и нефтепродуктами происходят протечки и аварии, приводящие к их разливам и загрязнению атмосферы, открытых водоемов, почвы и подземных вод, что, безусловно, отрицательно влияет на экологическое состояние окружающей среды [7].

Исходя из сказанного выше, мониторинг нефтяных загрязнений можно разделить на два основных типа: 1) мониторинг нефтяных загрязнений при стандартных (внеаварийных) ситуациях; 2) мониторинг нефтяных загрязнений при экстремальных (аварийных) ситуациях. Здесь не рассматривается мониторинг окружающей среды в период строительства объектов нефтяной инфраструктуры, который обязательно должен сопровождать процесс строительства и завершаться при вводе всех объектов в эксплуатацию.

При стандартных ситуациях производятся действия, традиционные для мониторинга окружающей среды: определение целей мониторинга, пунктов отбора проб, их отбор и анализ, сравнение с предельно допустимыми нормативными показателями, прогноз развития ситуации, планирование мер по обеспечению безопасности при концентрациях, превышающих предельно допустимые и т.д. Аналитические исследования в традиционной ситуации чаще всего представлены методами гравиметрии и оптическими (в ИК- и УФ-областях спектра), дающими сведения о валовом содержании углеводородов. Для этих же целей используется люминесцентный анализ и полевые приборы, определяющие валовое содержание УВ непосредственно при погружении в водный объект. Общие требования к методам определения

нефти и НП устанавливаются соответствующими нормативными документами (например, ГОСТ 17.1.4.01-80).

При разливе нефти или НП наиболее существенными целями мониторинга нефтяных загрязнений являются:

1) установление места истечения нефти и получение сведений об источнике аварийного истечения (например, о фактической мощности трубопровода и времени истечения, загрузке танкера и т.д.);

2) характеристика самого загрязнения, прогноз его распространения и динамики изменений компонентного состава (включая деградацию УВ) во времени и пространстве;

3) фиксация существующих негативных последствий применительно к живым организмам, включая человека;

4) прогноз отдаленных негативных последствий;

5) оценка эффективности мероприятий по ликвидации самого разлива и смягчению его последствий.

Характеристика загрязнения включает в себя оценку общего количества загрязняющего вещества и площади, занимаемой загрязнением (с определением ее географических характеристик), определение фракционного (по плотности) и группового и/или индивидуального состава УВ и количественного содержания основных компонентов с выделением наиболее опасных.

Наблюдения за разливом ведутся визуально (оценка толщины нефтяной пленки на воде) и с помощью технических средств (фотографирование, зондирование в ИК- и УФ-областях, радиолокация и др.). Они могут вестись с суши, с плавающих, воздушных и космических платформ. К методам валового определения УВ при больших разливах добавляются методы их индивидуальной идентификации: хроматографические, масс-спектрометрические, хромато-масс-спектрометрические, ядерного магнитного резонанса и электронного парамагнитного резонанса. Последнее – для идентификации смолисто-асфальтеновых веществ и их комплексов с металлами переменной валентности. Знание состава нефти позволяет формировать более корректные модели переноса нефтегенного загрязнения, являющиеся непременной частью информационного блока мониторинга нефтяных загрязнений, а также более адекватно оценивать риски для биоты и человека.

При анализе экологических рисков, индуцируемых массивированным нефтяным загрязнением, необходимо учитывать наличие в составе нефти и пластовых вод радионуклидов (уран, торий и члены их радиоактивных семейств) и металлов, среди которых первое место по содержанию занимают ванадий и никель.

При организации мониторинга нефтяных загрязнений и трактовке его результатов в случае разливов нефти на водных объектах следует рассматривать весь комплекс трансформации исходной нефти: её растекание и формирование гидрофобных пленок на поверхности, испарение, диспергирование, частичное осаждение, сорбцию на взвешенных частицах и донных отложениях и каталитические превращения на их поверхностях, формирование эмульсий (нефть в воде, вода в нефти), растворение, фотохимические и окислительные реакции, комплексообразование с металлами, микро- и макробиологическую трансформацию.

Очевидно, что в случае крупномасштабных разливов нефти и нефтепродуктов мониторинг нефтяных загрязнений должен трансформироваться в мониторинг всех компонентов природной среды, а также медико-биологический и социальный мониторинг.

В мониторинге нефтяных загрязнений большую роль могут сыграть автоматизированные системы раннего обнаружения и мониторинга аварийных разливов нефти, дислоцированные, например, в зонах морских платформ, с которых ведется добыча нефти, пересечения водотоков трубопроводами, у крупных хранилищ нефти и НП и т.д. Среди таких автоматизированных систем (со спутниковой, радио- или сотовой передачей данных) для водных объектов очень полезными оказываются буйковые (плавающие или притопленные) и донные станции.

Особенностью мониторинга нефтяных загрязнений при разливе нефти под ледовым покрытием на водных объектах является необходимость контролировать загрязненность нефтью самого льда, таяние которого может приводить к вторичному загрязнению вод. Для этого могут быть использованы методы стандартного мониторинга нефтяных загрязнений.

Для мониторинга нефтяных загрязнений в воздушной среде, например, при контроле испарения НП из хранилищ, хорошо зарекомендовали себя наблюдения с помощью лидаров. Следует также отдельно выделить мониторинг нефтяных загрязнений при образовании антропогенных подземных линз нефти и НП. В этом случае используются геофизические методы для локализации месторасположения линз и методы традиционного мониторинга нефтяных загрязнений для анализа выхода УВ из этих линз (например, вместе с подземными водами), а также для анализа их содержания в контрольных скважинах.

Необходимо отметить, что применение высокоточных и надежных методов лабораторного определения нефтепродуктов может потерять актуальность в случае разливов нефти, когда требуется постоянное наблюдение за потенциально опасным участком нефтепровода или оперативная количественная оценка объема произошедшего разлива, включая оценку его распространения и другие параметры. В этом отношении в последние десятилетия активно используются дистанционные методы, так как, зная расположение движущегося пятна нефти и гидрометеорологические характеристики (скорость и направление ветра, течений, уровень волнения и т.п.), можно производить моделирование переноса загрязнения и более эффективно осуществлять планирование мероприятий по ликвидации последствий разлива.

3. Некоторые аспекты использования информационных систем мониторинга при разливах нефти и нефтепродуктов. Неотъемлемым компонентом системы мониторинга нефтяного загрязнения окружающей среды, помимо измерительной составляющей (измерительные средства любых имеющихся типов), является подсистема информационного обеспечения. Такая подсистема (далее информационная система мониторинга, или ИСМ) осуществляет сбор данных от названных измерительных средств, обработку полученной информации и её передачу пользователю, в качестве которого могут выступать органы управления экологической безопасностью в рамках отдельного предприятия, государственные органы управления природопользованием и охраной окружающей среды на уровне субъектов Федерации, федеральном уровне и т.д.

Применительно к созданию надежных систем мониторинга нефтяного загрязнения, включая аварийные разливы нефти, ИСМ должны обеспечивать возможность раннего обнаружения утечек и оповещения ответственных организаций и специалистов, визуализации параметров разлива в режиме реального времени. Кроме того, такие системы должны обеспечивать возможность моделирования и прогнозирования развития аварийной ситуации с учетом различных климатических и иных ха-

рактических в геоинформационной среде, контроль за ходом ликвидации последствий разлива и др.

Из практики зарубежных стран можно привести несколько примеров систем, основанных на web-геоинформационных технологиях сбора, интеграции, обработки и 2D/3D/4D-визуализации пространственных данных, хорошо зарекомендовавших себя в мониторинге реальных ситуаций разливов нефти на водных объектах [8, 9].

Для предотвращения катастрофических воздействий аварийных разливов нефти на окружающую среду, биоту и человека необходимо следующее:

1) создать базу данных по технике для ликвидации разливов нефти и базу данных по международному опыту ликвидации таких разливов и аварий;

2) провести обучение экологов на соответствующих курсах;

3) запретить эксплуатацию нефтепровода без плана по ликвидации разливов нефти и аварий на ней;

4) запретить эксплуатацию месторождений и транспорт нефти при отсутствии экологического паспорта нефти (распределение по химическим фракциям с указанием токсичности основных углеводородов, распределение по плотности, оценка радиоактивности, перечень и содержание тяжелых металлов и др.);

5) создать автоматизированные системы мониторинга нефтяного загрязнения объектов окружающей среды, позволяющие оперативно обнаруживать аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, а также прогнозировать последствия аварийных разливов как при их непосредственном возникновении, так и при ликвидации отдаленных их последствий;

Проведение вышеперечисленных мероприятий и ограничений позволит снизить риск негативного воздействия нефтяной индустрии на окружающую среду, биоту и человека, оперативно приступить к ликвидации нефтяных аварий и протечек.

Заключение. Последствия нефтяных загрязнений при разливах оказывают комплексное воздействие на окружающую среду: происходит загрязнение ручьев, рек, поймы, болот, почвы, растительности и др. Загрязняется также воздушная среда, страдают животные и птицы, обитающие в зонах влияния разлива, объекты гидробиоценоза.

Основной вклад в токсичность нефти, разумеется, вносят УВ. Однако, все обнаруженные в анализируемом образце нефти неуглеводородные компоненты, а также хлорорганические соединения, являются, в принципе, токсикантами и могут проявлять свое токсическое действие, начиная с определенных пороговых концентраций, которые могут формироваться при аварийных разливах нефти.

Без создания автоматизированных систем обнаружения нефтяных разливов невозможно минимизировать риски аварийных разливов и протечек нефти, уменьшить негативное влияние нефтяной индустрии на окружающую среду. Большую роль при этом играет наличие современной информационно-аналитической системы мониторинга, основанной на геоинформационных и веб-технологиях, что позволяет реализовать качественно новые возможности по обнаружению утечек нефти, оценке динамики загрязнения, мониторингу последствий аварийных и поставарийных разливов, анализу темпов и эффективности рекультивационных мероприятий и пр.

Литература

1. Баренбойм Г.М. Мониторинг нефтяных загрязнений // Экологическая энциклопедия: в 6 т. Т.4. М - П. – М.: ООО Издательство "Энциклопедия", 2011. С. 12-14.

2. Баренбойм Г.М., Ерцев Г.Н., Таскаев А.И. Мониторинг окружающей среды в зоне аварии // Опыт ликвидации аварийных разливов нефти в Усинском районе Республики Коми. – Сыктывкар, 2000, 182 с.

3. Справочное пособие по экологической оценке. Том III Инструкция по экологической оценке проектов в области энергетики и промышленного производства. Технический документ Всемирного банка № 154. Всемирный банк. Департамент охраны окружающей среды. Вашингтон. 1992. 445 с.

4. Баренбойм Г.М., Авандеева О.П. Особенности мониторинга зон высокого экологического риска на водных объектах в связи с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды. V Междун. науч.-практ. конф. (29-31 мая 2015 г., Пермь). Т.2: Химический состав и качество воды. Геоэкологи и водная экология / науч. ред. А.Б. Китаев, Е.А. Зиновьев; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. С. 7-12.

5. Баренбойм Г.М., Савека А.Ю., Рябов В.Д. Новые методические аспекты оценки биологической опасности разливов нефти // Вода: химия и экология. 2012. №12. С. 50-60.

6. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). – М.: Научный мир, 2013. 432 с.

7. Нефтезагрязнения и основные технологические способы урегулирования последствий. Электронный ресурс: <http://neftgaz.ru/science/view/764-Neftezagryazneniya-i-osnovnyie-tehnologicheskie-sposoby-uregulirovaniya-posledstviy>.

8. Roberts J., Lamarche A. An Oil Spill Information Management System for New Zealand, «Proceedings of the 2005 Oil Spill Conference», Miami, 2005. pp. 321-328. Электронный ресурс. <http://ioscproceedings.org/doi/pdf/10.7901/2169-3358-2005-1-321>

9. Stone G.W., Zhang X.P., Gibson W., Fredericks R. A New Wave-Current Online Information System for Oil Spill Contingency Planning (WAVCIS) // Proceedings of 24th Arctic and Marine Oil spill Program Technical Seminar, Edmonton, Canada, 2001. P. 401-425. Электронный ресурс: <http://www.wavcis.lsu.edu/pubs/02.pdf>.

МЕТОДИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД ПО КОМПЛЕКСУ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Бакаева Е.Н.^{1,2,3}, Игнатова Н.А.¹

¹ Гидрохимический отдел Института водных проблем РАН,
г. Ростов-на-Дону, Россия

² Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону, Россия

³ Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
rotaria@mail.ru

Одной из главных причин негативных последствий продолжающегося антропогенного загрязнения гидросферы является токсическое действие поступающих в неё загрязняющих веществ. Именно присутствие, и особенно, накопление токсичных химических веществ в уязвимых объектах окружающей среды, к которым относят поверхностные водные объекты, чаще всего является основной причиной ухудшения качества вод – среды обитания гидробионтов, приводящего к гибели представителей флоры и фауны, исчезновению обитателей чистых вод и замены их эврибионтными организмами.

Как известно, общий комплекс методических подходов для оценки качества поверхностных вод по биологическим показателям включает метод биоиндикации и